

## Analisis Kuantitatif Aluminium (III) Menggunakan Reagen Alizarin Red S dan Jaringan Neural Tiruan (ANN)

(Quantitative Analysis of Aluminium (III) Ion Using Alizarin Red S and Artificial Neural Network)

NURUL IZZATY HASSAN & MUSA AHMAD

### ABSTRAK

*Analisis kuantitatif untuk penentuan kepekatan ion  $Al^{3+}$  dalam larutan akueus telah dilakukan menggunakan reagen alizarin red S (ARS) melalui pembentukan kompleks ARS- $Al(III)$  yang dianalisis menggunakan kaedah spektrofotometri UL-Nampak. Kompleks ARS- $Al(III)$  memberikan puncak serapan pada panjang gelombang 484 nm pada pH 5. Kajian kestabilan foto bagi reagen ARS memberikan nilai RSD sebanyak 0.46 %. Analisis kebolehulangan memberikan nilai RSD sebanyak 1.07 % dan 0.67 % masing-masingnya bagi kepekatan  $Al(III)$  0.2 ppm dan 9 ppm. Gangguan kation  $Cu^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  pada nisbah mol 1:10 adalah minimum. Kebanyakan anion pengganggu tidak memberikan kesan gangguan kecuali F<sup>-</sup> pada nisbah mol 1:1 dan 1:10. Sistem ini memberikan julat kepekatan dinamik  $Al^{3+}$  antara 0.1 - 1.0 ppm. Arkitektur ANN dengan bilangan neuron terlindung, bilangan kitaran dan kadar pembelajaran adalah masing-masingnya 23, 40000 dan 0.001 telah berjaya memanjangkan julat dinamik kepekatan  $Al^{3+}$  daripada 0.1 - 8.0 ppm. Reagen ARS berjaya dipegunkan pada permukaan ko-polimer XAD 4 dan mampu memberikan respon optik yang baik terhadap ion  $Al^{3+}$ .*

*Kata kunci:* Alizarin red S; aluminium; jaringan neural tiruan

### ABSTRACT

*A quantitative analysis for determination of  $Al^{3+}$  concentration in aqueous solution has been carried out using alizarin red S (ARS) as a reagent to form ARS- $Al(III)$  complex. The analysis was conducted using UV-Vis spectrophotometry method. ARS- $Al(III)$  complex showed a maximum absorption peak at wavelength of 484 nm and optimum pH 5. The photostability study showed a RSD value of 0.46 %. The repeatability study at two different concentrations of 0.2 ppm and 9 ppm was found to give RSD values of 1.07 % and 0.67 %, respectively.  $Cu^{2+}$  and  $Fe^{3+}$  cations at the ratio of 1:10 slightly interfered. The study showed a low interfering effect for almost all of the interfering anions except for F<sup>-</sup> at the ratio of 1:1 and 1:10. This system was found to give dynamic  $Al^{3+}$  concentration range of 0.1 - 1.0 ppm. ANN architecture with 23 hidden neurons, 40000 epochs and training rate of 0.001 has successfully extended the dynamic range of  $Al^{3+}$  concentration from 0.1 - 8.0 ppm. ARS reagent was successfully immobilized onto XAD 4 and showed a good optical response toward  $Al^{3+}$  ion.*

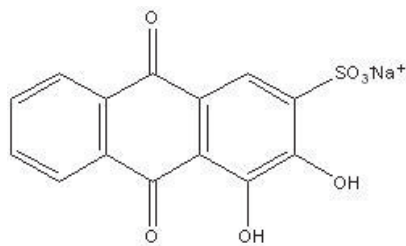
*Keywords:* Alizarin red S; aluminium; artificial neural network

### PENGENALAN

ARS (natrium asid 1,2 dihidroksiantrakuinon-3-sulfonik) mempunyai keupayaan untuk memberikan warna yang berbeza dalam julat pH yang berbeza di mana warnanya bertukar daripada merah-kekuningan dalam keadaan asid kepada biru-keungguhan dalam keadaan bes kuat. Biasanya, julat keupayaan pH bagi reagen ARS adalah sekitar pH 4.6 - 6.0 (Robert 1972). Strukturnya terdiri daripada tiga gelang benzena yang bergabung secara selari dengan dua kumpulan penukarganti iaitu kumpulan hidroksil pada gelang ketiga, dua kumpulan karbonil dan kumpulan sulfat (Rajah 1). Aluminium bertindak balas dalam nisbah mol 1:1, 1:2 dan 1:3 dengan ARS bergantung kepada pH yang digunakan. Larutan berwarna yang terbentuk dengan ion aluminium biasanya kurang stabil dan cenderung membentuk mendakan terutamanya pada julat pH di mana aluminium hidroksida melarut. Walaupun nisbah tindak

balas antara logam dan alizarin boleh diketahui namun struktur kompleks yang terbentuk tidak dapat dipastikan.

Jaringan neural tiruan (ANN) merupakan satu paradigma dalam pemprosesan maklumat yang telah diilhamkan daripada sistem saraf biologi seperti otak untuk memproses maklumat. Elemen utama hasil paradigma ini adalah struktur baru sistem pemprosesan data yang unik di mana ANN menyerupai otak manusia yang belajar daripada pengalaman dan contoh. ANN digunapakai untuk aplikasi spesifik seperti pengenalan atau pencaman corak dan pengelasan data melalui proses pembelajaran (Cirovic 1997). ANN terdiri dari sebilangan besar elemen pemprosesan yang selari dikenali sebagai neuron. Setiap elemen neural mempunyai satu set input dan satu set output. Output dari satu neuron boleh disatukan kepada input bagi neuron yang lain, yang kemudiannya menghasilkan satu struktur jaringan (Despagne & Massart



RAJAH 1. Struktur ARS

1998). Elemen ANN disusun dalam bentuk lapisan dan kebanyakannya menggunakan jaringan multi lapisan yang terdiri dari tiga bahagian iaitu lapisan input, lapisan terlindung dan lapisan output. Aplikasi ANN semakin meluas dan melibatkan banyak bidang seperti pemodelan struktur molekul sekunder protein dan DNA, dinamik molekul, hubungan struktur aktif secara kuantitatif (QSAR), hubungan struktur sifat secara kuantitatif (QSPR), pentafsiran spektrum, kalibrasi dan kawalan proses (Cirovic 1997). Dalam kajian ini, ANN akan digunakan dalam analisis kuantitatif untuk memanjangkan julat kepekatan dinamik pengesanan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Reagen ARS turut dipegunkan pada kopolimer XAD 4 untuk melihat potensinya digunakan sebagai fasa reagen dalam pembangunan sensor untuk  $\text{Al(III)}$ .

#### EKSPERIMEN

##### BAHAN KIMIA

Bahan kimia yang digunakan dalam kajian ini adalah ARS,  $\text{C}_{14}\text{H}_7\text{NaO}_7\text{S}$  (Fluka); aluminium nitrat,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  (Prolabo); amberlite XAD 4 (Fluka); asid hidroklorik,  $\text{HCl}$  (SYSTEM); kalium dihidrogen ortofosfat,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (Merck); dinatrium tetraborat,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (BDH Chemical Ltd.); natrium hidroksida,  $\text{NaOH}$  (Merck) dan kalium hidrogen ftalat,  $\text{COOH.C}_6\text{H}_4.\text{COOK}$  (Riedel-de Haen). Penyediaan larutan penimbal adalah mengikut kaedah Handbook of Chemistry and Physics (Robert 1972).

##### INSTRUMENTASI

Instrumentasi yang digunakan dalam kajian ini termasuklah Spektrofotometer UL-Nampak (Varians, model Cary 50) untuk merekodkan nilai serapan untuk penyerapan dan penyebaran radiasi elektromagnet, spektrofotometer gentian optik (Ocean Optics, model SD 2000) untuk pengukuran pantulan, pH meter (Witeg, model w-500) untuk pengukuran nilai pH bagi larutan penimbal dan juga komputer peribadi (IBM ThinkPad) dengan perisian Matlab 7.0.

##### KAEDAH

Larutan stok ion  $\text{Al}^{3+}$  dengan kepekatan 1000 ppm disediakan dengan melarutkan 0.7895 g garam aluminium nitrat dalam air suling. Reagen ARS dengan kepekatan 2.92 M disediakan dengan melarutkan 0.1 g reagen ARS dengan air suling dalam bikar 50 ml. Pencirian terhadap kompleks

ARS- $\text{Al(III)}$  dalam larutan bebas turut dilakukan iaitu analisis masa rangsangan keadaan mantap, kestabilan foto reagen ARS, pengoptimuman nilai pH, kesan kepekatan reagen ARS terhadap serapan kompleks ARS- $\text{Al(III)}$ , penentuan julat kepekatan dinamik aluminium, analisis kebolehhulungan dan kesan gangguan ion. Latihan ANN jenis rangkaian suapan-hadapan dengan satu lapisan neuron terlindung menggunakan algoritma perambatan balik dilakukan secara kaedah cubajaya sebelum rekabentuk jaringan yang memuaskan diperolehi menggunakan perisian Matlab 7.0. Pemegungan ARS dilakukan dengan melarutkan 0.4344 g serbuk ARS dalam 20 ml air suling dan sebanyak 0.5 g XAD 4 ditambahkan ke dalam larutan tepu ARS dan larutan dikacau untuk tempoh 5 jam. Kopolimer XAD 4 yang digunakan untuk menjerap reagen ARS perlu melalui proses prarawatan sebelum digunakan kerana sewaktu dibekalkan, resin ini dipenuhi dengan ammonium klorida untuk mengelakkan pembentukan kulat semasa penyimpanan (Musa & Narayanaswamy 1995). Resin XAD 4 dibasuh berulang kali menggunakan air suling dan kemudiannya dicelup ke dalam aseton atau etanol. Akhirnya, resin ini sekali lagi dibilas berulang kali menggunakan air suling. Matriks penyokong ini terus digunakan tanpa sebarang proses pengisaran lanjutan.

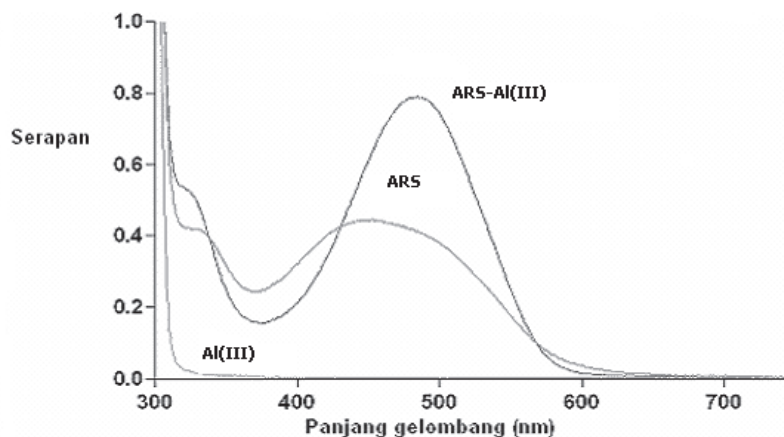
#### HASIL DAN PERBINCANGAN

##### PENCIRIAN REAGEN ARS DAN KOMPLEKS ARS- $\text{Al(III)}$

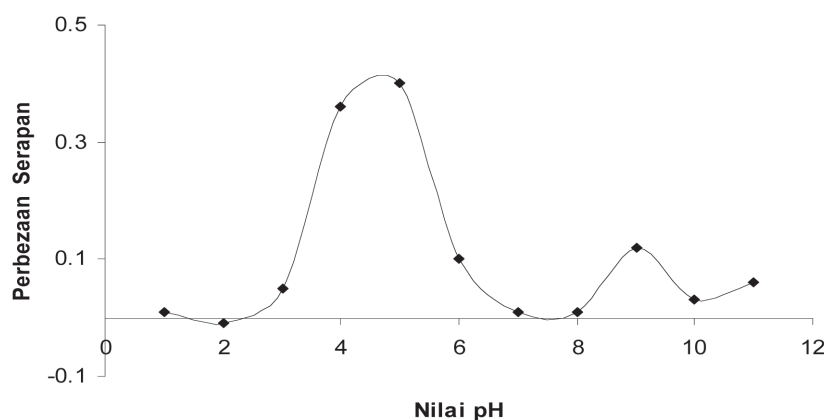
Rajah 2 menunjukkan tiga spektrum serapan untuk ion  $\text{Al}^{3+}$ , reagen ARS dan kompleks ARS- $\text{Al(III)}$  dalam julat panjang gelombang 300 nm hingga 700 nm. Ion  $\text{Al}^{3+}$  didapati tidak memberikan serapan kerana larutannya tidak berwarna. Pemerhatian yang dilakukan menunjukkan reagen ARS memberikan puncak serapan pada panjang gelombang 452 nm dan apabila ion  $\text{Al}^{3+}$  ditindakbalaskan dengan reagen ARS, puncak serapan menganjak ke panjang gelombang 484 nm. Pembentukan kompleks ARS- $\text{Al(III)}$  menghasilkan satu larutan berwarna jingga kemerahan berbanding warna reagen ARS sahaja yang berwarna jingga.

Kajian pengoptimuman pH dilakukan untuk mengenalpasti nilai pH yang optimum untuk tindak balas antara reagen ARS dengan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Nilai pH optimum dipilih berdasarkan perbezaan serapan yang paling besar antara reagen ARS sebelum dan selepas pembentukan kompleks ARS- $\text{Al(III)}$ . Rajah 3 menunjukkan bahawa perbezaan serapan adalah maksimum pada pH 5 dan nilai ini menyamai nilai pH yang telah dilaporkan dalam kajian literatur iaitu pH 4.6 - pH 6.0 (Robert 1972). Keadaan pH yang berbes iaitu pH 9 dan ke atas memberikan perbezaan serapan yang kecil kerana pada keadaan ini ion aluminium ditukarkan pada anion tetrahidroksoaluminat yang melarut (Marczenko 1986).

Analisis kinetik dilakukan untuk menentukan masa rangsangan keadaan mantap apabila reagen ARS bertindak balas secara lengkap dengan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Bacaan serapan diambil pada sela masa 1 minit untuk tempoh 15 minit pada panjang gelombang 484 nm. Reagen ARS mencapai



RAJAH 2. Spektum serapan  $\text{Al}^{3+}$ , reagen ARS dan kompleks ARS-Al(III). Kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  dan reagen ARS yang digunakan adalah 25 ppm dan 0.073 M, masing-masingnya



RAJAH 3. Graf perbezaan serapan pada panjang gelombang 484 nm bagi kompleks ARS-Al(III) berbanding reagen ARS pada pH 1 - 12

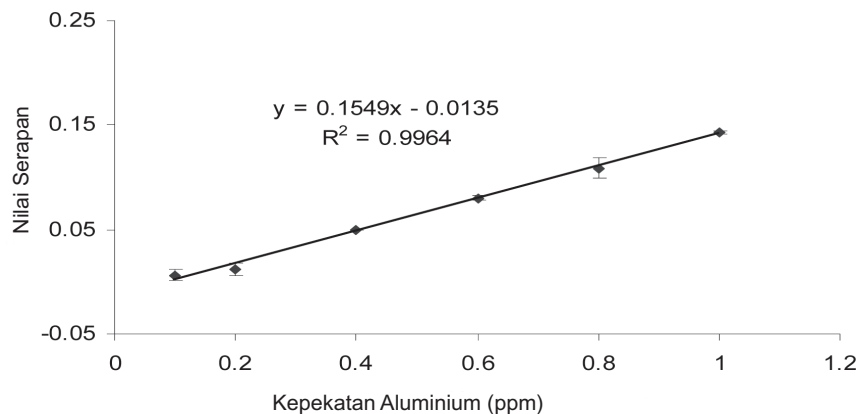
rangsangan keadaan mantap dalam masa 6 minit untuk dua kepekatan aluminium yang dikaji iaitu 5 ppm dan 15 ppm. Semakin tinggi kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  yang digunakan, semakin tinggi keamatan serapan untuk kompleks yang terbentuk, walaupun rangsangan keadaan mantap dicapai dalam masa yang sama. Selepas tempoh ini, nilai serapan kompleks ARS-Al(III) menjadi hampir malar. Untuk kajian kestabilan foto reagen ARS, serapan reagen direkodkan pada panjang gelombang 452 nm untuk sela 1 minit selama 8 jam. Nilai RSD yang rendah diperolehi iaitu 0.46% yang membuktikan bahawa reagen ARS adalah stabil foto dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan sensor kimia.

Kajian kesan kepekatan reagen ARS dilakukan dengan mempelbagaikan kepekatan reagen ARS dalam julat 0.015 - 0.292 M manakala kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  ditetapkan pada 0.2 ppm. Hasil kajian menunjukkan serapan kompleks ARS-Al(III) meningkat dengan penambahan kepekatan reagen ARS. Ini adalah disebabkan kepekatan reagen ARS yang semakin bertambah akan meningkatkan kepekatan kompleks ARS-Al(III) yang terbentuk dan memberikan nilai yang hampir malar pada kepekatan ARS 0.233 M. Julat kepekatan dinamik  $\text{Al}^{3+}$  dikaji dengan menetapkan kepekatan reagen ARS pada 0.233 M dan mempelbagaikan kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  dalam julat 0.1 - 20 ppm. Serapan

kompleks ARS-Al(III) didapati semakin meningkat apabila kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  meningkat kerana peningkatan kepekatan kompleks ARS-Al(III) yang dihasilkan. Satu titik isobestik dicerap pada panjang gelombang 439 nm.

Bagi kepekatan ion aluminium yang melebihi 10 ppm, keamatan serapan didapati hampir malar di mana pada keadaan ini, semua reagen ARS telah digunakan dalam tindak balas ini dan hanya  $\text{Al}^{3+}$  yang berada dalam keadaan berlebihan. Plot garis lurus antara serapan pada kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  dalam julat 0.1 - 1 ppm memberikan rangsangan linear dengan nilai kecerunannya adalah 0.1594 dan  $R^2$  ialah 0.9964 (Rajah 4). Keputusan ini menunjukkan bahawa julat linear kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  yang diperolehi adalah terhad, iaitu 0.1 - 1.0 ppm dan boleh dipanjangkan menggunakan ANN.

Analisis kebolehulangan dilakukan untuk melihat sama ada suatu kaedah analisis yang dibangunkan mampu memberikan keputusan yang sama apabila reagen ARS yang disediakan dengan kaedah penyediaan dan kepekatan yang sama digunakan untuk penentuan kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  yang sama. Nilai RSD untuk kajian kebolehulangan yang rendah iaitu 1.07% dan 0.67%, masing-masingnya pada kepekatan  $\text{Al}^{3+}$ , 0.2 ppm dan 9 ppm membuktikan kompleks berupaya menghasilkan nilai serapan yang konsisten dan boleh digunakan untuk tujuan analisis kuantitatif.



RAJAH 4. Julat kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  yang memberikan rangsangan linear (0.1 - 1.0 ppm) pada panjang gelombang 484 nm apabila bertindak balas dengan ARS 0.23M

Kesan gangguan ion merujuk kepada kesan ion-ion pengganggu yang mampu bertanding dengan ion  $\text{Al}^{3+}$  untuk bertindak balas dengan reagen ARS semasa penentuan kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  dilakukan. Beberapa kation dan anion telah dipilih untuk melihat kesan gangguan ion dalam penentuan aluminium iaitu  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Hasil kajian menunjukkan bahawa terdapat beberapa kation dan anion memberikan kesan gangguan ke atas penentuan aluminium iaitu pada julat -6.66 - +7.60 % untuk nisbah mol 1:1 dan pada julat -24 - +20.43 % untuk nisbah mol 1:10. Ion-ion ini memberikan kesan gangguan sama ada dengan merendahkan atau meningkatkan nilai serapan. Gangguan daripada ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  adalah dijangkakan kerana kedua-duanya merupakan ion logam berat yang biasanya hadir dalam sampel air dan turut mengganggu dalam penentuan aluminium. Ion pengganggu yang bercas positif ini biasanya bertindak balas secara langsung dengan reagen bersama-sama dengan analit dan menghasilkan spesies kompleks berwarna yang memberikan serapan yang tinggi daripada serapan apabila ion pengganggu tersebut tidak hadir dalam larutan.

Gangguan yang signifikan dicerap untuk ion  $\text{F}^-$  sebanyak -24% yang merendahkan nilai serapan disebabkan pengkompleksan yang berlaku dengan ion  $\text{Al}^{3+}$  membentuk kompleks tak berwarna. Kesan gangguan lazimnya berkadar dengan cas yang dimiliki pada kation. Oleh itu, apabila tindak balas pengkompleksan berlaku, reagen ARS akan mendermakan sebahagian ketumpatan elektron dari tapak aktif kumpulan hidroksi kepada ion logam. Oleh itu, ion logam yang mempunyai cas yang lebih tinggi cenderung untuk menstabilkan ketumpatan elektron daripada ligan dengan membentuk kompleks yang stabil (Crabtree 2001).

#### LATIHAN DAN PENGECAMAN CORAK DENGAN ANN

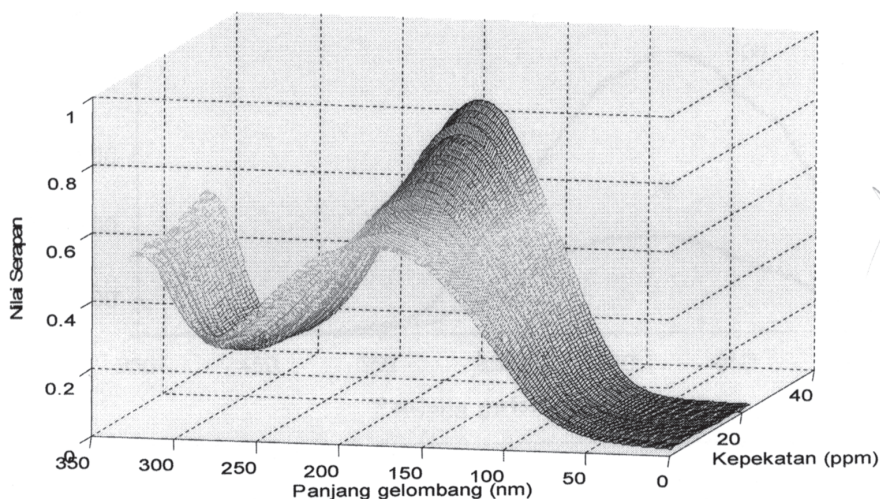
Dalam kajian ini, pengecaman corak spektrum serapan kompleks ARS-Al(III) dilakukan menggunakan ANN untuk membolehkan penentuan kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  berdasarkan pengecaman corak spektrum serapan dilakukan. Latihan ANN melibatkan pemprosesan data spektrum serapan

kompleks ARS-Al(III) di mana kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  digunakan sebagai data input. Hanya sebahagian spektrum serapan pada kepekatan tertentu digunakan sepanjang latihan ini bagi mengelakkan penggunaan masa yang terlalu lama. Data yang penting dipilih mengikut panjang gelombang tertentu untuk pemprosesan ANN yang merangkumi keseluruhan spektrum yang diperolehi. Kawasan yang berguna dan penting termasuklah titik pada serapan maksimum, titik isobestik, puncak bahu dan kawasan di mana terdapat perbezaan bentuk spektrum serapan yang tertentu. Kaedah cuba jaya digunakan untuk mengoptimumkan tiga pembolehubah iaitu bilangan neuron terlindung, bilangan kitaran dan kadar pembelajaran.

Kadar pembelajaran merujuk kepada berapa cepat suatu rangkaian neural belajar. Kadar yang biasa digunakan dalam sesi latihan ANN adalah di antara 0.1 hingga 0.9. Fenomena latihan lampau dan suapan-melampau jika berlaku akan menyebabkan ANN tidak dapat memberikan suatu ramalan yang memuaskan (Gasteiger & Zupan 1993). Sebelum latihan ANN dilakukan, spektrum serapan untuk kompleks ARS-Al(III) tiga dimensi diplotkan seperti ditunjukkan dalam Rajah 5. Sebanyak 23 data yang mempunyai kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$  yang berlainan tetapi kepekatan ARS yang sama telah dipilih pada tujuh panjang gelombang yang berbeza iaitu 327, 371, 439, 484, 524, 558 dan 642 nm untuk latihan ANN. Bilangan data sebanyak 23 ini dibahagikan kepada dua bahagian, 16 data digunakan untuk latihan manakala selebihnya digunakan untuk peramalan.

Latihan dilakukan dengan mengubah-ubahkan ketiga-tiga pembolehubah iaitu bilangan neuron terlindung, bilangan kitaran dan kadar pembelajaran terhadap 16 data yang digunakan untuk latihan ANN. Hasil latihan kemudiannya digunakan untuk tujuan peramalan. Peramalan yang memberikan nilai purata ralat dan SSE yang terendah dipilih. Dalam latihan ANN untuk kompleks ARS-Al(III) peramalan terbaik diperolehi dengan purata ralat 0.0881 dan nilai SSE 0.07468 apabila neuron terlindung, bilangan kitaran dan kadar pembelajaran masing-masing





RAJAH 5. Spektrum serapan tiga dimensi bagi kompleks ARS-Al(III) pada julat kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  0.1 - 8.0 ppm

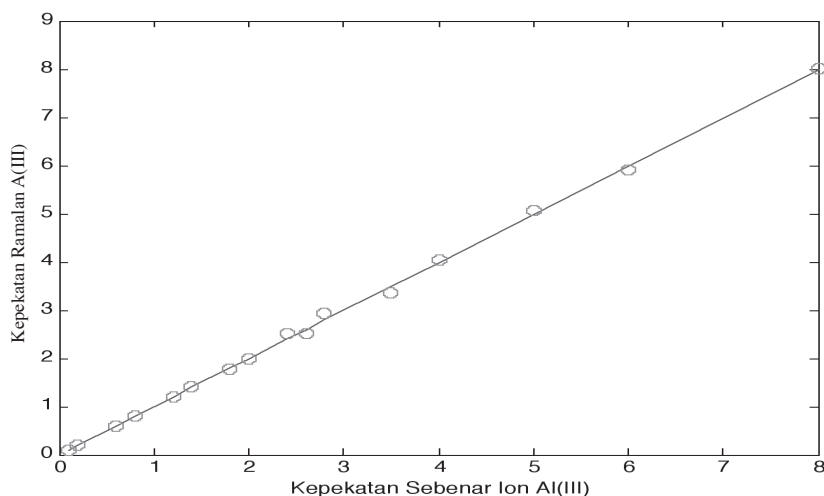
ditetapkan pada nilai 23, 40000 dan 0.001. Selepas latihan ANN dijalankan, ujian penentusahan dilakukan terhadap output ramalan. Daripada hasil latihan ANN didapati dapat memanjangkan julat dinamik kepekatan  $\text{Al}^{3+}$  kepada 0.1 - 8.0 ppm jika dibandingkan dengan julat dinamik tanpa latihan ANN yang terhad hanya dalam julat 0.1 - 1.0 ppm (Rajah 6).

#### PEMEGUNAN REAGEN ARS

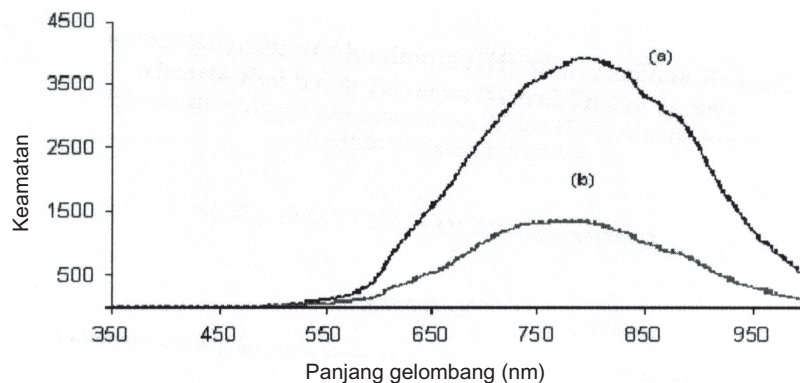
Pemegunan reagen dilakukan bertujuan untuk memegunkan suatu reagen di hujung gentian optik yang boleh dilakukan melalui kaedah kimia atau fizikal (Musa & Narayanaswamy 1995). Penyokong yang dipilih dalam kajian ini ialah kopolimer XAD 4. Pemegunan reagen ARS di atas penyokong XAD 4 berlaku secara jerapan fizikal yang tidak melibatkan pemindahan elektron dan sifat kimia reagen ARS dijangka tidak berubah apabila bertindak balas dengan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Kawasan hidrofobik pada reagen ARS akan berinteraksi secara jerapan dengan penyokong XAD 4

manakala kawasan hidrofiliknya akan kekal dalam kawasan akueus tanpa termodifikasi dan mampu untuk bertindak balas dengan analit (Musa & Narayanaswamy 1995).

Rajah 7 menunjukkan spektrum pantulan reagen ARS yang terpegun di atas penyokong kopolimer XAD 4 sebelum dan selepas ditindakbalaskan dengan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Perubahan warna dari putih ke jingga pada permukaan manik kopolimer XAD 4 dicerap apabila reagen ARS dijerap di atas permukaan XAD 4. Apabila reagen ARS terpegun dicelupkan di dalam larutan yang mengandungi ion  $\text{Al}^{3+}$  pada pH 5, manik penyokong XAD 4 tersebut akan bertukar kepada warna merah. Perubahan warna ini berlaku kerana ion  $\text{Al}^{3+}$  telah bertindak balas dengan reagen ARS yang terpegun di atas penyokong XAD 4. Manik kopolimer XAD 4 yang terjerap dengan reagen ARS menunjukkan keamatan pantulan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan XAD terjerap dengan reagen ARS yang telah ditindakbalaskan dengan ion  $\text{Al}^{3+}$  kerana warna reagen terpegun lebih cerah



RAJAH 6. Hasil latihan dan ujian ANN menggunakan 23 neuron terlindung dengan 40000 kitaran dengan reagen ARS pada kepekatan ion  $\text{Al}^{3+}$



RAJAH 7. Spektrum pantulan reagen ARS terpegun di atas penyokong XAD 4 sebelum (a) dan selepas (b) bertindak balas dengan  $\text{Al}^{3+}$

berbanding warna merah yang diperolehi apabila reagen terpegun ditindakbalaskan dengan ion  $\text{Al}^{3+}$ , menyebabkan keupayaan untuk memantul cahaya oleh reagen terpegun berkurangan. Pengurangan dalam pengukuran spektrum pantulan pada semua panjang gelombang dalam julat 500 - 1000 nm adalah disebabkan oleh pembentukan kompleks  $\text{Al}^{3+}$  berwarna yang mana menyerap cahaya tuju dengan kuat dan melemahkan keamatan cahaya pantulan (Musa & Narayanaswamy 1995).

#### KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahawa reagen ARS boleh digunakan untuk pengesanan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Ini dibuktikan daripada pencirian yang dilakukan ke atas larutan ARS di mana ia telah menunjukkan rangsangan yang positif. Tindak balas antara ARS dengan ion  $\text{Al}^{3+}$  telah membentuk kompleks ARS- $\text{Al}(\text{III})$  yang menyerap pada panjang gelombang 484 nm dan optimum pada pH 5. Penggunaan ANN memberikan peramalan yang baik dengan nilai SSE yang paling rendah diperolehi pada saiz lapisan terlindung 23 neural dan melakukan latihan dengan 40000 ulangan. Daripada latihan ANN, julat pengesanan ion  $\text{Al}^{3+}$  dioptimumkan daripada 0.1 - 1.0 ppm kepada 0.1 - 8.0 ppm. Penggunaan penyokong seperti kopolimer XAD 4 untuk pemegunan reagen menunjukkan bahawa reagen ARS dapat dipegunkan dengan baik dan memberikan rangsangan terhadap kehadiran ion  $\text{Al}^{3+}$ .

#### PENGHARGAAN

Penyelidik ingin memanjangkan penghargaan kepada Kementerian Pengajian Tinggi kerana membiayai projek penyelidikan ini di bawah gran UKM-ST-01-FRGS0018-2006.

#### RUJUKAN

- Cirovic, D.A. 1997. Feed-forward artificial neural networks: application to spectroscopy. *Trends in Analytical Chemistry* 16: 148-155.
- Crabtree, R.H. 2001. *The organometallic chemistry of the transition metals*. Ed. Ke-3. New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Despagne, F. & Massart, D.L. 1998. Neural networks in multivariate calibration. *Analyst* 123 :157R-178R.
- Gasteiger, J. & Zupan, J. 1993. *Neural network for Chemists: An introduction*. New York: VCH.
- Marczenko, Z. 1986. *Separation and spectrophotometric determination of elements*. New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Musa Ahmad & Narayanaswamy, R. 1995a. Development of an optical fibre  $\text{Al}(\text{III})$  sensor based on immobilized chrome azurol S. *Talanta* 42: 1337-1344.
- Musa Ahmad & Narayanaswamy, R. 1995b. A flow-cell optosensor for monitoring aluminium (III) based on immobilised eriochrome cyanine R (ECR) and reflectance spectrophotometry. *The Science of The Total Environment* 163 : 221-227.
- Robert, C.W. 1972. *Handbook of chemistry and physics*. Ed. Ke-53. Cranwood Parkway: The Chemical Rubber Co.
- Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.  
Malaysia

Diserahkan : 10 Januari 2007  
Diterima : 2 Mac 2007